International Science Journal of Engineering & Agriculture
2022; 1(4): 56-71
https://isg-journal.com/isjea/
doi: 10.46299/j.isjea.20220104.06
ISSN: 2720-6319

Просторовоподібний континуум як фізична реальність Всесвіту

Іван Карпенко
Українська нафтогазова Академія (УНГА), Київ, Україна
ORCID 0000-0002-2500-8960

Для цитування цієї статті:
Карпенко Іван. Просторовоподібний континуум як фізична реальність Всесвіту. International Science Journal of Engineering & Agriculture. Vol. 1, No. 4, 2022, pp. 56-71. doi: 10.46299/j.isjea.20220104.06.
Надійшла до редакції: 07 вересня 2022 р.; **Схвалено:** 13 вересня 2022 р.;
Опубліковано: 01 жовтня 2022 р.

Анотація. Обґрунтовується, що недосяжний при постійних швидкостях руху просторовоподібний (ПП) континуум Всесвіту є фізичною реальністю при прискорених швидкостях руху. Показано, що такі фізичні феномени як інерція, уповільнення часу та лоренцеве скорочення в спеціальній теорії відносності (СТВ) відбуваються в ПП-світі в процесі прискореного руху тіла і, відповідно, в неінерційних системах відліку. Прискорення інерції – властивість не часовоподібної (ЧП), а просторовоподібної частини континууму. Це властивість порожнього просторово-часового континууму, а саме ПП-континууму, за наявності зовнішніх сил перешкоджати зміні швидкості тіла. Уповільнення часу та лоренцеве скорочення є також наслідком прискореного руху тіла при досягненні ним значення постійної швидкості, тобто відбувається в процесі становлення інерційної системи. У цьому напрямку досліджуються питання доповнюваності рухів у евклідовому і у псевдоевклідовому континуумі, у мова взаємного перетворення часовоподібного (ЧП) стану та ПП-стану континууму. Приведено формульні вирази принципу доповнюваності рухів для евклідового і псевдоевклідового континуумів. Обґрунтовується, що псевдоевклідова геометрія є загальною геометрією реального простору-часу, перш за все тому, що в історії руху будь-якого тіла так чи інакше було присутнє прискорення. На прикладі евклідового простору демонструється, що перетворення координат Лоренца у геометричному відношенні відіграють роль повороту чотиривимірного світового інтервалу з неподілюваними компонентами простору і часу та є проекцією на систему координат, де ці характеристики розділені і розглядаються як незалежні. Обґрунтовується, що для лоренцевого скорочення мова йде не про реальне скорочення довжини об'єкта, що рухається, а про виміряну довжину непорушним спостерігачем. Щодо уповільнення часу, то відбувається реальне уповільнення часу і саме для об'єкту, що рухався. І відбувається воно лише у неінерційних системах відліку, тобто за наявності прискорення, тобто у ПП-світі. Тому саме властивості ПП-світу визначають феномени уповільнення часу та лоренцевого скорочення. Саме ПП-континуум є відповідальним за феномени СТВ, саме для ПП-континууму були віднайдені перетворення Лоренца і введене поняття псевдоевклідового простору-часу. Тому з повним правом спеціальна теорія відносності може бути названа теорією простору-часу у ПП-світі.

Ключові слова. Інерція, простір, час, доповнюваність руху, прискорення, часовоподібний світ, просторовоподібний світ, спеціальна теорія відносності.

1. Вступ

Розв'язок задачі інерції показав можливість переходу із звичного нам часовоподібного (ЧВ) простору-часу з його причинно-наслідковими властивостями в просторовоподібний (ПП)

континуум, в якому не має місця причинно-наслідковим зв'язкам, але появляється можливість суміщення подій в часі [*Карпенко,2022а,б,в*]. Виявилося, що для попадання в ПП-світ зовсім не обов'язково рухатися з швидкістю більшою за швидкість світла, для цього досить рухатися з прискоренням.

Саме через те, що будь-який рух починається з прискорення, а прискорений рух відбувається в просторовоподібному світі, то появляється можливість фізичного пояснення таких феноменів спеціальної теорії відносності як уповільнення часу та лоренцеве скорочення. Застосовується також принцип доповнюваності рухів. А оскільки прискорений рух виходить за межі інерційних систем і характеризує неінерційні системи відліку, то появляється необхідність дослідити умови при яких принцип доповнюваності може використовуватися в евклідовому, а при яких - у псевдоевклідовому континуумі. І як ці умови співвідносяться з ЧП- і ПП-світами.

2. Об'єкт і предмет дослідження

Об'єктом дослідження є переважно гравітаційна модель будови Всесвіту, а предметом – доказ фізичної реальності просторовоподібного світу як складової Всесвіту. У цьому напрямку досліджуються питання доповнюваності рухів у евклідовому і у псевдоевклідовому континуумі, умова взаємного перетворення ЧП-стану та ПП-стану континууму, причина існування феноменів спеціальної теорії відносності – уповільнення часу та лоренцевого скорочення.

3. Аналіз літератури

З'ясування фізичної природи інерції вимагало використання поняття про просторовоподібний (ПП) світ або про ПП-континуум. Це поняття було введено у процесі становлення спеціальної теорії відносності (СТВ), яка використовує систему координат Мінковського [*Общая,1983; Грин,2004; Саскинд,2013; Логунов,1987,2006*]. У цій системі «часова» вісь координат ct, де c – швидкість світла, t – час, ортогональна до узагальненої просторової осі координат $l(x, y, z)$, де x, y, z– значення декартових координат.

У СТВ крім швидкості світла інваріантом є і інтервал Δs^2 [*Кузьмичев,1989; Захаров,2003*]:

$$\Delta s^2 = c^2 \Delta t^2 - \Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2 \ . \qquad (1)$$

Величина інтервалу не змінюється при переході від однієї інерційної системи до іншої. При цьому, якщо $\Delta s^2 > 0$, то континуум (простір-час) визначається як часовоподібний (ЧП), а при $\Delta s^2 < 0$ – як просторовоподібний (ПП).

Поняття ПП-світу набуло конструктивного значення в задачі вияснення фізичної природи інерції [*Карпенко, 2022в*].

4. Мета та задачі дослідження

Але появляється проблема, зміст якої полягає в тому, що для ПП-континууму у разі інерційних систем усі події є абсолютно віддаленими, тому для попадання в ПП-континуум кожна подія повинна рухатися зі швидкістю, що перевищує швидкість світла, що фізично неможливо. Тим не менше, в задачі інерції і при швидкості тіла значно меншій швидкості світла використовується ПП-континуум. Чи немає тут протиріччя? Ні, немає. Буде показано, що оскільки в задачі інерції досліджується прискорений рух, тобто використовуються неінерційні системи відліку, то це і дозволяє розглянути задачу інерції в ПП-континуумі, при цьому, природно, на швидкості меншій швидкості світла.

Ще в задачі інерції використаний принцип взаємної доповнюваності швидкостей руху вздовж часової осі ct і вздовж просторової осі $l(x, y, z)$ у вигляді:

$$V^2 + v^2 = c^2, \; V = V(t), \; v = v(t) \,. \tag{2}$$

Тут c – швидкість світла вздовж світової лінії, V – швидкість руху тіла вздовж «часової» осі ct, v – вона ж вздовж ортогональної просторової осі $l(x, y, z)$. Але принцип (2) справедливий для евклідового простору-часу в системі декартової координат з накладенням обмеження на швидкість світла вздовж світлової лінії. Тому можна припустити, що задачу інерції вирішено тільки для невеликих швидкостей у порівнянні зі швидкістю світла.

Нижче ми уточнимо вигляд цього принципу для псевдоевклідового ПП-континууму. А також покажемо, що широко відомі просторово-часові феномени СТВ, незважаючи на те, що кожна інерційна система характеризується постійним значенням швидкості, пояснюються наявністю попереднього прискореного руху, тобто рухом тіла до досягнення розглядуваного в СТВ постійного значення швидкості.

У цій роботі наведено також ще одне обґрунтування того, що реально порожній, тобто без присутності матеріальних тіл, Всесвіт у разі прискореного руху «пробного» тіла насправді описується псевдоевклідовою геометрією. Незважаючи на те, що сучасні експериментальні дані навіть у присутності матерії свідчать як би на користь плоскої, тобто евклідової моделі її геометрії. Але цей висновок справедливий лише для ЧП-світу, в ПП-світі панує псевдоевклідова геометрія.

Справа в тому, що і за допомогою евклідової геометрії для інерційних систем у координатах Мінковського з швидкістю руху значно меншою швидкості світла, можна створити спеціальну теорію відносності з її характерними «феноменами» уповільнення часу та лоренцевого скорочення. Але для будь-яких реальних значень швидкості, тим більше таких, що наближаються до швидкості світла, просторово-часова геометрія континууму поводиться як псевдоевклідова. Іншими словами, псевдоевклідова геометрія - це реальна геометрія континууму "порожнього" Всесвіту.

Будь-яка інерціальна система, як система з постійною швидкістю відносно непорушного спостерігача, в історії свого руху зазнавала прискорення, тому має описуватися псевдоевклідовою геометрією. І лише при швидкості значно меншій швидкості світла, коли величиною прискорення можна знехтувати, рух тіла підпадає під опис евклідовою геометрією. І чим більше значення в русі тіла відіграє прискорення, тим більше проявляються в ньому властивості ПП-світу.

В цьому ж ідейному руслі буде показано, що фізична природа таких феноменів СТВ як уповільнення часу та лоренцеве скорочення є наслідком прискореного руху тіла при досягненні ним значення постійної швидкості, тобто відбувається в процесі становлення інерційної системи.

5. Методи досліджень

Використовується аналітичний метод дослідження просторово-часового континууму, зокрема його ПП-складової. Але оскільки конструктивне значення ПП-світу проявилося в задачі вияснення фізичної природи інерції, то приведемо метод, який був застосований для вивчення саме цього природного феномену. Власне, покажемо яким чином факт прискореного руху активізує властивості ПП-світу.

У розв'язанні задачі інерції показано, що рух тіла з прискоренням a_0 уздовж просторової осі $l(x, y, z)$ супроводжується появою прискорення a зворотного знаку вздовж часової осі координат ct. Прискорення a_0 визначається як граничне збільшення швидкості руху вздовж осі $l(x, y, z)$ за час Δt, що визначається вздовж осі ct. Прискорення a обчислюється як

граничне збільшення швидкості руху вздовж осі ct за час ΔT, що визначається вздовж осі $l(x, y, z)$.

Тобто обчислення прискорення a супроводжується зміною системи координат: просторова вісь координат стає часовою і, навпаки, часова просторовою. Це означає, що прискорення a пов'язане з особливостями будови континууму, який ми назвали ПП-континуумом. А оскільки прискорення a має знак протилежний знаку прискорення a_0, то воно інтерпретується як сила опору простору, в нашій інтерпретації – сила опору ПП-континуума прискореному руху тіла, тобто як прискорення інерції.

Загалом, прискорення a а за абсолютною величиною менше a_0. Але показано, що в початковий момент руху воно переважає і тіло, замість прискоритися вперед при $a_0 > 0$, рухається назад, а при гальмуванні ($a_0 < 0$), навпаки, продовжує рухатися вперед.

Цей ефект пояснюється релятивістською природою часу і тим, що прикладання сили, тобто наявність прискорення, переводить тіло з ВП-світу до ПП-світу зі зміненою системою координат. Відповідно змінюються і причинно-наслідкові відносини. Прикладена до тіла сила зменшує спочатку швидкість руху вздовж часової осі координат при збереженому напрямку «стріли часу», і ця зміна є причиною зміни швидкості руху тіла вздовж просторової осі. Інакше кажучи, за наявності діючої на тіло сили первинної реакцією є зворотний напрямку прикладеної сили рух у часі, а рух у просторі - вторинною реакцією.

6. Результати досліджень

6.1. Доповнюваність рухів у евклідовому континуумі

Але при цьому залишається відкритим питання, наскільки коректним було використання властивості доповнюваності (2) або, конкретніше, в якому зі світів – ВП чи ПП – воно застосовне, а в якому не може застосовуватися?

При виведенні формульного виразу для інерції було прийнято, що два види руху – вздовж просторової та часової осі координат – завжди взаємно доповнювані [*Карпенко,2022в*]. Як випливає з (2) для нерухомого в просторі об'єкта його швидкість руху в часі дорівнює швидкості світла, тоді як для об'єкта, що рухається, швидкість у часі уповільнюється. Але загальна чи сумарна швидкість руху об'єкта вздовж світової лінії в евклідовому континуумі (просторі-часі) завжди дорівнює швидкості світла [*Грин,2004; Сасскинд,2013; Пенроуз,1990*].

Для нерухомого об'єкта ($v = 0$) і $\mathrm{V} = c$, тобто рух відбувається лише вздовж часової осі ct і швидкість цього руху дорівнює швидкості світла. Звідси висновок - об'єкт, що лежить в цій системі координат, рухається тільки в часі (зі швидкістю світла) і не рухається в просторі. Якщо ж рух зі швидкістю світла здійснюється вздовж просторової осі ($v = c$), то відповідно до (2) $\mathrm{V} = 0$. Час ніби зупиняється і сумарний рух відбувається лише вздовж просторової осі. Звідси напрошується висновок, що світло поширюється лише у просторі і не поширюється у часі.

У цьому прикладі з рухом світла необхідне уточнююче пояснення. Квант світла в момент своєї появи за якийсь скільки завгодно малий час прискорився від стану спокою з нульовою швидкістю до руху зі швидкістю світла. Під час прискорення він перебував у ПП-континуумі і, відповідно, у системі координат із ортогонально зміненими осями координат. Тому можливий альтернативний висновок: в момент прискорення (якщо такий мав місце) світло зі швидкістю світла поширюється лише у часі і не поширюється у просторі.

Як перший, так і другий висновок є спірними: світло поширюється і в часі, і в просторі. А це означає, що воно поширюється вздовж поверхні світлового конуса, тобто вздовж світлоподібної поверхні нахиленої до осей координат під кутом 45 градусів. А якщо так, то в проекціях на осі координат швидкість світла дорівнює $c/\sqrt{2}$. І лише вздовж світової лінії вона дорівнює швидкості світла. Світлоподібна поверхня відповідає умові $\Delta s^2 = 0$, тобто вона не належить ні ЧП ні ПП-континууму.

Але зроблений висновок також не узгоджується з експериментальними спостереженнями: світло вздовж просторової осі координат поширюється не зі швидкістю $c/\sqrt{2}$, а зі швидкістю світла c. Тому необхідно визнати, що принцип взаємної доповнюваності швидкостей руху вздовж часової осі ct і вздовж просторової осі $l(x, y, z)$ у вигляді (2) справедливий лише у разі невеликих порівняно зі світлом швидкостей руху вздовж просторової осі координат. Наведемо більш загальний вигляд принципу доповнюваності швидкостей руху, справедливий для швидкостей руху до світлових значень.

6.2. Доповнюваність рухів у псевдоевклідовому континуумі

Скористаємось положеннями спеціальної теорії відносності. Відповідно до СТВ ні час, ні простір не є абсолютними категоріями, обидві величини змінюються зі зміною швидкості руху v об'єкта. Але в СТВ постулюється існування єдиного метричного чотиривимірного простору-часу з координатами $ct, x, y. z$ - псевдоевклідового простору-часу. Інтервал у цьому просторі за своєю формою нагадує відстань у евклідовому просторі, проте має різний знак у просторових та часових складових подій. З використанням «уявної» часової координати ict інтервал може бути поданий у такому вигляді:

$$\Delta s^2 = \Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2 - c^2 \Delta t^2 = \Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2 + \Delta(ict)^2. \quad (3)$$

У такому поданні інтервал Δs^2 виглядає подібно до евклідової відстані між точками в чотиривимірному просторі. Але наявність уявної одиниці змінює геометрію континууму простір-час, тому інтервал (3) отримав назву псевдоевклідового.

Виберемо дві інерційні системи, одна з яких рухається щодо деякої нерухомої системи зі швидкістю v_1, а інша – зі швидкістю $v_2 > v_1$. Відповідно до СТВ величини інтервалів в обох системах дорівнюють один одному, тобто:

$$c^2 \Delta t_1^2 - \Delta l_1^2 = c^2 \Delta t_2^2 - \Delta l_2^2 \,. \quad (4)$$

Тут $\Delta l^2 = \Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2$. Представимо вираз (4) через швидкості руху систем. Для цього використаємо відомі вирази з СТВ:

$$\Delta t_1^2 = \Delta t_0^2 \ (1 - \tfrac{v_1^2}{c^2}), \quad \Delta t_2^2 = \Delta t_0^2 \ (1 - \tfrac{v_2^2}{c^2}), \quad (5)$$

де Δt_0^2 - квадрат інтервалу часу в нерухомій системі координат.

Після підстановки (5) у рівняння (4) отримуємо:

$$\Delta t_0^2 \ (v_2^2 - v_1^2) = \Delta l_1^2 - \Delta l_2^2. \quad (6)$$

За прийнятою нами умовою $v_2 > v_1$, тому для існування рівності (6) необхідне виконання умови $\Delta l_1^2 > \Delta l_2^2$, тобто, щоб система з меншою швидкістю руху проходила більшу відстань, ніж система з більшою швидкістю. Але такий висновок явно суперечить нашій «евклідовій» свідомості, що за великих швидкостей об'єкт долає більшу відстань.

Для пояснення цього феномену повернемося до виразу (3) і звернемо увагу на те, що в системі координат Мінковського, відображенням якої є вираз (3), вісь ct ортогональна до узагальненої осі просторових координат $l(x, y, z)$. Це означає, що один з рухів, що розглядаються, відбувається вздовж осі ct, а інший – вздовж осі $l(x, y, z)$.

Тому ми маємо право зробити наступний висновок: рівняння (6) можливе лише за умови, що ці два рухи ортогональні один одному, більше того, що вони взаємопов'язані тим, що жоден

з цих рухів окремо і в сукупності (рух уздовж світової лінії) не може перевищувати швидкість світла.

З урахуванням сказаного приведемо рівняння (6) до відповідного виду, прийнявши одночасно позначення швидкостей, що використовуються в роботі [*Карпенко,2022в*]: $v_1 = \mathrm{V}$ - швидкість руху тіла вздовж «часової» осі ct, $v_2 = v$ – вона ж вздовж просторової осі l. Також покладемо, що $\Delta l_1 = \Delta L$ - відстань, яку об'єкт проходить уздовж «часової» осі ct, а $\Delta l_2 = \Delta l$– уздовж просторової осі l. Тоді:

$$\Delta t_0^2 \ (v^2 - \mathrm{V}^2) = \Delta L^{\ 2} - \Delta l^2. \tag{7}$$

Вигляд рівняння (7) для ПП-континууму далекий від вигляду рівняння (2) для ЧП-континууму. Але він досить зрозумілий з погляду псевдоевклідової геометрії, що лежить в основі СТВ, згідно з якою квадрати відстаней уздовж тимчасової осі та просторової осі складаються з порушенням теореми Піфагора. Покажемо, що рівняння (7) перетворюється на рівняння (2) через заміну просторової координати на часову координату і, навпаки, часової координати на просторову. Тобто, у рівнянні (7) зробимо наступні заміни V на iV, а l на il. Тоді рівняння набуде вигляду:

$$v^2 + \mathrm{V}^2 = \frac{\Delta L^{\ 2} + \Delta l^2}{\Delta t_0^2} = c^2 \quad , \tag{8}$$

Тут $(\Delta L^{\ 2} + \Delta l^2)$– квадрат довжини світової лінії, Δt_0^2 - квадрат часу руху вздовж світової лінії у ЧП-континуумі. Таким чином, рівняння (7) і є вираженням принципу доповнюваності для псевдоевклідового континууму.

6.3. Умова взаємного перетворення ВП-стану та ПП-стану континууму

У вирішенні задачі про інерцію використано властивість взаємного перетворення ВП-стану та ПП-стану континууму, що виражається в тому, що один стан переходить в інший шляхом заміни часової осі координат на просторову і, навпаки, просторової осі на часову, що легко проглядається у вигляді нерівностей:

$$s_{12}^2 = c^2(t_2 - t_1)^2 - (x_2 - x_1)^2 - (y_2 - y_1)^2 - (z_2 - z_1)^2 > 0, \tag{9}$$
$$s_{12}^2 = c^2(t_2 - t_1)^2 - (x_2 - x_1)^2 - (y_2 - y_1)^2 - (z_2 - z_1)^2 < 0. \tag{10}$$

Простір-час, що описується нерівністю (9), називають часовоподібним (ЧП). Зі структури нерівності (9) випливає, що події, розділені ЧП-інтервалами ($s_{12}^2 > 0$) можуть бути причинно пов'язаними між собою. Для таких подій немає системи відліку, в якій вони відбувалися б одночасно, тобто умова $t_2 \neq t_1$ є обов'язковою. І, навпаки, події, розділені просторовоподібним (ПП) інтервалом (10), у жодній системі відліку не можуть виявитися поєднаними в одній точці простору: $(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 \neq 0$.

Тому природно зробити висновок, що властивість доповнюваності у вигляді рівняння (8) притаманне лише евклідовому простору-часу. Понад те, саме евклідовий простір-час є часовоподібним і причинним і йому властиве виконання нерівності (9). Для псевдоевклідового простору-часу, що лежить в основі СТВ, має місце властивість доповнюваності у вигляді (7). Воно є просторовоподібним і описується нерівністю (10).

Вище, як і в роботі [*Карпенко,2022в*], основна увага приділялася обґрунтуванню, що прискорення інерції – властивість не часовоподібної, а просторовоподібної частини континууму. Воно залежить лише від швидкості тіла та його прискорення вздовж просторової координати. А також, що прискорення інерції – це властивість порожнього просторово-

часового континууму, а саме ПП-континууму, за наявності зовнішніх сил перешкоджати зміні швидкості тіла.

6.4. Про причину існування феноменів СТВ – уповільнення часу та лоренцевого скорочення

Нижче покажемо, що уповільнення часу і лоренцеве скорочення величини інтервалу простору, що випливають зі СТВ, також відбуваються в ПП-стані континууму, а саме під час перебування тіла, що рухається, в прискореному режимі руху.

Дискусії про те, що перетворення Лоренца не містять фізичного пояснення механізму феноменів СТВ – уповільнення часу та лоренцевого скорочення – тривають і в даний час. Вважається, що суто формальний математичний метод, що лежить в основі отримання перетворень Лоренца, хіба що штучно «натягується» на феномени лоренцевого скорочення і уповільнення часу, що насправді спостерігаються під час руху інерційної системи.

Проте реальність самих перетворень Лоренца та істинність 4-мірної псевдоевклідової геометрії Мінковського вже не піддаються сумнівам. Вони неминуче випливають з двох постулатів СТВ і підтверджуються лоренцевим скороченням і уповільненням часу, що експериментально спостерігаються. Інакше кажучи, реальність виявилася адекватною створеній математичній моделі. Але пояснення фізичного механізму появи вищезгаданих феноменів все ще залишається актуальним і реалізується в спробах пошуку якогось фізичного механізму найчастіше гіпотетичного характеру.

Ми схиляємося до висновку, що не існує окремого фізичного механізму, відповідального за лоренцеве скорочення та уповільнення часу в СТВ. Тому немає необхідності для пояснення названих феноменів, у припущеннях, наприклад, про існування спеціальних полів, що поширюються в якомусь загальному просторі з певною швидкістю. Як і про взаємно врівноважуючі один одного польові взаємодії частинок, з яких складаються матеріальні тіла [*Serdechny,2020*].

6.5. Чи відбувається фізичне стиснення тіла при русі тіла?

У ряді робіт (цитата з однієї наводиться нижче) декларується позитивна відповідь на поставлене питання: «*…при русі матеріальний об'єкт стискується за Лоренцем саме тому, що стискується сама «картинка» фізичних полів, що забезпечує його цілісність у просторі… Аналіз механізму абстрактної взаємодії, який характерний для будь-яких полів, саме і пояснює чому будь-які поля повинні під час руху піддаватися лоренцевому стисненню у відповідності до їх швидкісті поширення. І відповідно приводити до стиснення речовинної матерії, керованої цими полями… При прискоренні тіла робота сили витрачається на стиснення об'єму простору, який він займає, і потім залишається незмінним при вільному русі*» [*Serdechny,2020*]. Ще цитата з цього ж джерела: «*При русі об'єкта у просторі його довжина реально піддається лоренцевему скороченню, а часи подій у стільки ж реально уповільнюються*».

У нашій моделі простору при прискореному русі немає фізичного стиснення обсягу простору. Сила або енергія, що додається до тіла, витрачається тільки на надання об'єкту додаткової швидкості руху, на створення його кінетичної енергії. Умовно кажучи, відбувається зміна лише масштабної лінійки, яка використовується зовнішнім спостерігачем для вимірювання відстаней у напрямку руху.

Приведемо вираз для довжини стержня, який має довжину l_0 в непорушній системі координат і довжину l в системі, відносно якої він рухається зі швидкістю v в повздовжньому напрямку [*Захаров,2003*]:

$$l = l_0\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}. \qquad (11)$$

Факт зменшення згідно СТВ довжини стержня l в русі порівняно з довжиною l_0 стержня в спокої і називається лоренцевим скороченням.

Здається, є доцільним підкреслити, що СТВ «працює» в безмасовому континуумі (просторі-часі), тому перетворення (11), строго кажучи, стосується не довжини стержня, а інтервалу простору, в якому може знаходитися чи не знаходитися фізичний стержень. Тому дамо визначення поняття довжини (лінійного розміру) стержня (тіла) по відношенню до величини інтервалу простору.

Лінійний розмір тіла (ЛРТ) – виражений в одиницях довжини (метрах, світлових роках і т. п.) інтервал простору, який займає тіло в стані спокою чи в інерційній системі координат, тобто в системі разом з якою тіло рухається відносно іншої умовно нерухомої системи координат з постійною швидкістю. Для спостерігача, який «невіддільний» від тіла, ЛРТ лишається постійною величиною незалежно від того рухається тіло чи знаходиться в стані спокою.

Для непорушного спостерігача інтервал простору в рухомій системі координат зменшується в напрямі руху з ростом швидкості руху інерційної системи. Відповідно зменшується і ЛРТ. Тобто, лоренцеве скорочення – наслідок спричиненої рухом тіла зміни геометрії простору. Тому вірним буде наступний висновок: в рухомій інерційній системі відліку ЛРТ не зменшується і лишається за величиною таким же, як і в стані спокою. Але для непорушного спостерігача інтервал простору, який займає тіло, зменшується, тому і ЛРТ сприймається відповідно зменшеним.

Тобто, тілу не приходиться фізично змінюватися, змінюється геометрія сприйняття непорушним спостерігачем рухомого простору. Подібно тому, як віддаль зменшує геометричні розміри спостережуваних об’єктів. Наприклад, як Місяць через віддаленість із Землі виглядає не більшим супової тарілки, так і тіло через наявність швидкості сприймається непорушним спостерігачем зменшеним за розміром в напрямі руху.

Показовим у цьому відношенні виглядає приклад із списом, який у стані спокою довший ніж довжина сараю [*Сацункевич,2003; Хриплович,2001*]. Але, якщо він рухається вздовж сараю, то при належній швидкості руху поміщається в сарай. Але це очевидно тільки для зовнішнього спостерігача, що знаходиться в стані спокою відносно рухомого списа. Пояснення цьому таке: для вимірювання довжини сараю і списа в стані спокою зовнішній непорушний спостерігач використовує свою, назвемо її «евклідову», лінійку, а для вимірювання довжини списа, що рухається, природа «підсовує» йому «псевдоевклідову» лінійку, ту, яка описується рівнянням (11).

Якби в момент перебування в сараї спис яким-то чином зупинився у своєму русі, то тут же з'ясувалося б, що в сарай він не поміщається, оскільки довжина списа вимірювалося б такою самою, як і сарай, «евклідовою» лінійкою. Більше того, спис не містив би в собі ніяких фізичних слідів механічного скорочення при своєму початковому розгоні, а також слідів деформації при подальшому розтягуванні в момент раптової зупинки.

Інакше кажучи, лоренцеве скорочення - це не реальне скорочення довжини тіла у бік його руху, а вимірюване. Зменшення довжини списа реальне лише для нерухомого спостерігача. Спостерігач, який рухається разом зі списом, ніяких змін у довжині спису не помітить. Зміна довжини списа для нерухомого спостерігача – це зміна геометрії простору у напрямі руху списа, яка залежить від швидкості руху тіла, тобто визначається залежною від швидкості зміною масштабної лінійки.

Добавимо до сказаного, що сам факт «зменшення» довжини списа для непорушного спостерігача відбувся в процесі прискореного руху списа, коли справедливою була псевдоевклідова геометрія простору-часу. І коли спис уже рухався з постійною швидкістю, то «набута» ним псевдоевклідова геометрія простору-часу, як дійсна геометрія простору-часу, зберігалася. У непорушного спостерігача, умовно кажучи, не було іншого вибору як вимірювати довжину списа псевдоевклідовою «лінійкою».

6.6. Геометричне пояснення лоренцевого скорочення

Покажемо, що при невеликій швидкості руху тіла фізична сутність лоренцевого скорочення може бути пояснена поворотом вектора світової лінії відносно 4-мірних декартових координат Мінковського. Для полегшення аналізу отримаємо спрощені вирази для формул лоренцевого скорочення та уповільнення часу.

Нехай у 3-мірній системі просторових координат об'єкт зі швидкістю $v \leq c$ рухається вздовж напрямку вектора $r(e_1x,\ e_2y,\ e_3z)$, де e_1, e_2, e_3 - орти в евклідовому просторі. Вектор r відображає напрямок діючої сили, а також є інтегральною просторовою координатою, що увібрала всі три просторові декартові координати.

Нехай також одночасно об'єкт зі швидкістю світла c рухається і вздовж ортогональної вектору r координатної осі t (рис. 1). Ортогональність вектора t вектору r визначається наявністю уявної одиниці i у визначенні просторово-часових координат будь-якої точки $M(r, ict)$.

Відповідно до перетворення Галілея через деякий час t_0 об'єкт повинен опинитися у світовій точці M^1, віддаленої від початку координат на відстань $OM^1 = t_0\sqrt{c^2 + v^2} = ct_0\sqrt{1 + v^2/c^2}$. Насправді, через неможливість рухатися зі швидкістю більшою c, об'єкт опиниться в точці $M(l, t)$. Тобто, на тій самій відстані від початку координат O ($OM = ct_0$), що і нерухомий об'єкт ($OO^1 = ct_0$) на осі ct.

Таким чином, всі об'єкти, що рухаються вздовж осі r в діапазоні швидкостей $c \geq v \geq 0$, у 4-мірному континуумі виявляються на одній і тій же відстані ct_0 від початку координат O. Точки $M(ct_0, v)$, звані світовими точками, відрізняються лише значеннями швидкостей руху v вздовж осі r, і перебувають на світовій дузі. Положення світової дуги збігається з умовним фронтом сферичної хвилі з центром (джерелом) у точці початку координат $O(0,0)$ та радіусом фронту ct_0.

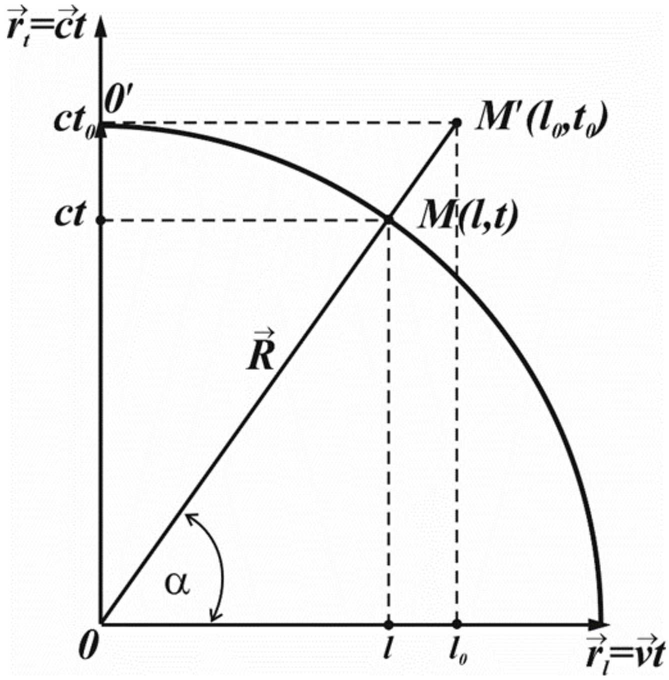


Рис. 1. Зображення руху об'єкта в 4-мірному просторі-часу з точки O в точку M на 2-вимірній площині r(x, y, z) та ct.

Тобто, незважаючи на те, що рухомий об'єкт знаходиться в іншій світовій точці $M(l, t)$, рухомий і нерухомий об'єкти в 4-мірному континуумі простір-час, стартувавши в один і той же час, віддалилися від точки $O(0,0)$ на одну і ту ж відстань $R = ct_0$ і залишилися, образно

кажучи, «сучасниками». Але в проекції на часову вісь ct об'єкт, що рухається, «прожив» з моменту старту час t менший, ніж t_0– час, «прожитий» нерухомим об'єктом. І за просторовими координатами в проекції на вісь r об'єкт, що рухається, просунувся на відстань l меншу, ніж l_0.

Знайдемо дійсні координати точки M, тобто значення l і t, виразивши їх через координати l_0, t_0 і швидкість руху v об'єкта. Використовуючи координати точки $M^1(l_0, t_0)$, визначимо синус кута між вектором R R та віссю абсцис r.

$$\sin\alpha = \frac{OO^1}{OM^1} = \frac{ct_0}{ct_0\sqrt{1+v^2/c^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+v^2/c^2}}. \tag{12}$$

Довжина пройденого об'єктом шляху OM визначиться через відношення величини вертикальної координати точки M, що дорівнює ct, до довжини відрізка OM, що дорівнює ct_0:

$$\sin\alpha = \frac{ct}{ct_0} = \frac{1}{\sqrt{1+v^2/c^2}}. \tag{13}$$

Звідси:

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1+v^2/c^2}}. \tag{14}$$

Подібним чином отримуємо і вираз для довжини l:

$$\cos\alpha = \frac{l}{ct_0} = \sqrt{1-\sin^2\alpha}; \qquad \cos\alpha = \frac{v/c}{\sqrt{1+v^2/c^2}}; \tag{15}$$

$$l = \frac{l_0}{\sqrt{1+v^2/c^2}}; \qquad l_0 = vt_0\,. \tag{16}$$

Порівняємо отримані формули та відповідні вирази у СТВ:

$$t = t_0\sqrt{1-v^2/c^2} \quad ; \quad l = l_0\sqrt{1-v^2/c^2}. \tag{17}$$

На рис. 2 представлені графіки величини відношення l/l_0 залежно від швидкості руху v об'єкта для випадку СТВ (графік 1), СТВ-Е (2), тобто для евклідового варіанту СТВ, а також для випадку перетворень Галілея (3). Показано також графік відносної різниці $\varepsilon = (l_0 - l)/\,l$ оцінок довжини СТВ-Е від СТВ. Головне, що впадає у вічі, це близькість оцінок при малих швидкостях v і суттєві відмінності при великих швидкостях.

Проведемо порівняння результатів, одержуваних у результаті застосування різних перетворень координат. Глобальна система навігації та визначення положення наземних об'єктів (англ. GPS) використовує більше двох десятків супутники, які безперервно обертаються навколо Землі, випромінюючи точні синхронізовані сигнали, що дозволяють визначити положення об'єкта з дуже високою точністю. Вона забезпечує можливість синхронізації сигналів з точністю до 50 мільярдних часток секунди та визначення положення об'єкта на Землі з точністю до 14 метрів [*Каку,2010*].

Супутники рухаються зі швидкістю приблизно 29000 кілометрів на годину, час на такому супутнику уповільнюється, тому якщо знехтувати поправками згідно з теорією відносності, то годинник на супутниках глобальної системи поспішатиме на 40 мільйонних часток секунди на день і на ці системи не можна буде покладатися.

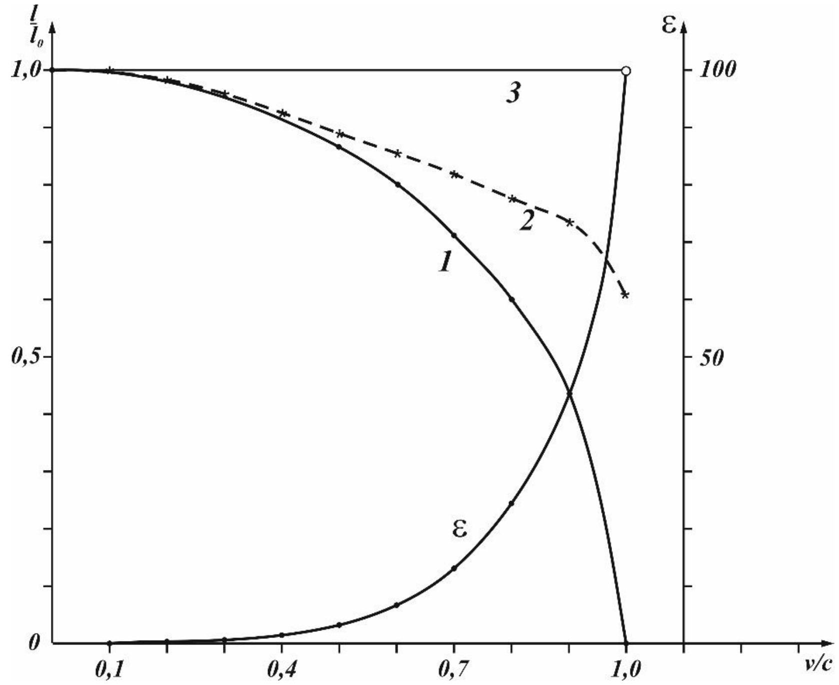


Рис. 2. Відношення довжини (l) інтервалу простору в системі координат, що рухається, до довжини (l_0) інтервалу в нерухомій системі координат залежно від швидкості v; c – швидкість світла.

1 - $l = l_0\sqrt{1-(v/c)^2}$ - в схемі СТВ ; 2 - $l = \frac{l_0}{\sqrt{1+(v/c)^2}}$ - в схемі СТВ-Е ; 3 - $l = l_0$ -- у разі перетворення Галілея; ε – відносна різниця у відсотках оцінок довжини інтервалу у схемах СТВ-Е та СТВ.

Розрахунки, результати яких наведено на рис. 2 показують, що при цьому відношенні швидкості супутника до швидкості світла (приблизно 0,1), різниця в розрахунках за схемами СТВ і СТВ-Е не перевищує 0,005%. Різниця в 12% виходить при швидкості об'єкта, що дорівнює 0,7 від швидкості світла, 23% - при відношенні 0,8 і 42% - при відношенні 0,9. Іншими словами, орієнтовно можна вважати, що розрахунки за схемою СТВ-Е істотно відрізняються від розрахунків по СТВ при швидкості об'єкта більше половини швидкості світла, де різниця у розрахунках досягає 4 і більше відсотків.

$\Delta t = \Delta t_0\sqrt{1-v^2/c^2}$ - в схеме СТВ;

$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1+v^2/c^2}}$ - в схеме СТВ-Е.

Тобто, в обох схемах годинник, що рухається, йде повільніше нерухомого годинника.

Якщо довжину об'єкта, що рухається, визначати за допомогою одночасної фіксації координат його поверхні, то з перетворень координат випливає, що лінійні розміри такого тіла щодо «нерухомої» системи відліку скорочуються:

$l = l_0\sqrt{1-(v/c)^2}$ - в схеме СТВ;

$l = \frac{l_0}{\sqrt{1+(v/c)^2}}$ - в схеме СТВ-Е.

Де l – довжина тіла вздовж напрямку його руху у відносно нерухомій системі відліку, а l_0 – довжина в системі відліку, що рухається, пов'язаної з тілом (власна довжина тіла).

Як уже згадувалося, пояснення причини, що призводить до скорочення Лоренца, представляється однією з найбільш складних проблем в СТВ. Наприклад, Ейнштейн обмежився зауваженням, що згадане скорочення просто виражає всього лише умову інваріантності теорії щодо перетворень Лоренца [*Меллер,1975*]. Але ще в 1905 Пуанкаре показав, що перехід від інерційного руху з однією швидкістю до інерційного руху з іншою швидкістю математично еквівалентний повороту в чотиривимірному плоскому просторі-часі

[*Пуанкаре,1990*]. Власне, це і є той шлях, який забезпечує отримання відповіді на поставлене запитання.

Те, що перетворення координат у геометричному відношенні відіграють роль поворотів у чотиривимірному континуумі простір-час, особливо наочно проглядається у схемі виведення просторово-часових співвідношень у СТВ–Е (рис. 1). При цьому природно змінюються проекції чотиривимірних інтервалів між певними подіями на часову вісь та просторові осі системи відліку, що породжує релятивістські ефекти зміни часових та просторових інтервалів. Цей висновок видається нам особливо важливим, оскільки акцентує увагу на сутності просторово-часових перетворень, що часто упускається, як проекцій чотиривимірного світового інтервалу з ***нерозділюваними*** компонентами простору і часу на систему координат, де ці характеристики ***розділені*** і розглядаються як незалежні [*Меллер, 1975*].

Рухи обох систем, як нерухомої системи S, так і S^1, що рухається, залишаються прямолінійними і рівномірними. Але система S^1 додатково рухається ще й уздовж ортогональної до часової координати просторової координати. Це призводить до появи кута між системами. Проекції координатних осей системи S^1 на координатні осі системи S, природно, коротші за довжину світової лінії, що і пояснює сутність лоренцового скорочення. Добавимо, що цей результат лежить в основі вище розглядуваного нами принципу доповнюваності рухів.

6.7. Про причину уповільнення часу

Уповільнення часу — це різниця в часі, виміряна двома годинниками, яка утворена через те, що годинники мають різну швидкість руху, або через різницю в гравітаційному потенціалі між їхніми місцями знаходження. Рухомий годинник буде йти повільніше, ніж годинник, який перебуває у спокої у власній системі відліку непорушного спостерігача. Те ж саме, годинник, який знаходиться близько до масивного тіла, показуватиме менше часу, що минув, ніж годинник, розташований далі від зазначеного масивного тіла. Час, виміряний по годиннику, пов'язаному з тілом, що рухається, часто називають власним часом тіла.

Надалі нам знадобиться відповідь на питання, в який момент часу, чи в який часовий проміжок руху тіла, відбувається сповільнення ходу годинника. Ми вже бачили, що таке сповільнення відбувається як в евклідовому так і в псевдоевклідовому континуумі. Різниця лише в тому, що опис процесу сповільнення часу в евклідовому просторі-часі менш точний, є всього лише наближенням, яке прийнятне при швидкості тіла значно меншій світлової швидкості. Тому в загальному випадку необхідно переходити у псевдоевклідовий континуум. Одним із можливих шляхів такого переходу є прискорений рух тіла [*Карпенко, 2022в*].

Тому ми робимо наступний висновок: реальне скорочення часу відбувається саме в процесі набуття тілом заданої швидкості руху. В подальшому русі тіла з постійним значенням швидкості скорочення інтервалу часу не відбувається, але має місце накопичення скорочених інтервалів часу та в результаті формування часового проміжку меншого за величиною, що реєструється непорушним годинником. І, що важливо, скорочення часу відбувається для рухомого тіла (годинника, мандрівника), тоді як вище розглянуте скорочення довжини тіла стосувалося не рухомого об’єкту (списа), а вимірів непорушним спостерігачем.

Для зручності викладу використовуватимемо поняття інтервалу часу та часового проміжку. ***Інтервал часу*** – скільки завгодно малий проміжок часу, який задовольняє практичним вимогам дискретного опису течії загалом безперервного часового процесу. Для прискореного руху об'єкта (мандрівника, годинника) інтервал часу зменшується. Якщо для інтервалу часу на годиннику в нерухомій системі координат проходить 1 секунда, то на годиннику, що рухається, пройде менше часу - частки секунди.

Але коли прискорений рух переходить в рівномірний рух, величина інтервалу часу зберігається на значенні відповідному швидкості руху на момент такого переходу. В результаті в процесі рівномірного руху відбувається накопичення часу відставання годин, що

рухаються в порівнянні з нерухомими годинами, формується зменшений за величиною ***часовий проміжок*** - як сума зменшених за величиною інтервалів часу.

При цьому важливим є те, що фізичний процес зміни протяжності самого інтервалу часу відбувається саме під час прискореного (з позитивним чи негативним прискоренням) руху годинника. Рівномірний рух незалежно від величини швидкості не призводить до зміни величини інтервалу часу в розумінні, яке наведено вище. Під час рівномірного руху формується укорочений проміжок часу як сума зменшених за величиною інтервалів часу.

З урахуванням введеного визначення інтервалу часу принцип еквівалентності Ейнштейна може бути сформульований наступним чином: у полі тяжіння малої просторової протяжності все відбувається так, як у просторі без тяжіння, якщо в ньому замість інерційної системи відліку ввести систему, прискорену щодо неї *і розглядати скільки завгодно малий інтервал часу*. Курсивом позначено доданий нами текст визначення, наведене у роботі [*Захаров, 2003*].

Принцип еквівалентності Ейнштейн сформулював для загальної теорії відносності (ЗТВ). Але оскільки ми оперуємо поняттям прискорення, то в процесі набуття тілом постійного значення швидкості перебуваємо в полі тяжіння, що і дозволяє нам скористатися принципом еквівалентності, замінивши в ньому термін щодо «малої просторової протяжності» на «скільки завгодно малий інтервал часу».

Нам уявляється важливим підкреслити існування аналогії у розумінні локального характеру принципу еквівалентності як у ЗТВ, так і у СТВ. У ЗТВ принцип еквівалентності справедливий лише у досить малих обсягах простору, де силу тяжіння вважатимуться постійною. У СТВ, щоб показати, що саме при прискореному русі відбувається зміна величини інтервалу часу, необхідно «локалізувати» поняття інтервалу часу до «як завгодно малого проміжку часу», де швидкість руху можна розглядати як постійну.

При поверненні тіла до початкового стану (наприклад, стану спокою) відновлюється лише інтервал часу. Але величина уповільнення часу (часового проміжку), накопиченого протягом руху об'єкта, зберігається, оскільки в перетвореннях Лоренца вона стосується саме рухомого об’єкту. І ця величина дорівнює різниці величин проміжків часу для спокою і рухомого об'єктів. Тому близнюк, що повернувся з подорожі, буде молодший за свого брата.

Як обґрунтовується вище для лоренцевого скорочення, мова йде не про реальне скорочення довжини об'єкта, що рухається, а про виміряну довжину непорушним спостерігачем. Щодо уповільнення часу, то відбувається реальне уповільнення часу і саме для об’єкту, що рухався. І відбувається воно лише у неінерційних системах відліку, тобто за наявності прискорення, тобто у ПП-світі.

Ще одне уточнення. Прискорений рух тіла вздовж просторової осі координат, власне кажучи, не є безпосередньою причиною уповільнення часу та лоренцевого скорочення. Прискорений рух тіла просто реалізується в ПП-континуумі, і властивості цього континууму визначають феномени уповільнення часу та лоренцевого скорочення. Іншими словами, в ПП-континуумі інтервали часу та довжини можуть бути тільки такими, що випливають із перетворень Лоренца та визначаються поточною швидкістю руху тіла.

Тобто саме ПП-континуум є відповідальним за феномени СТВ, саме для ПП-континууму були віднайдені перетворення Лоренца і введене поняття псевдоевклідового простору-часу. Тому з повним правом спеціальна теорія відносності може бути названа теорією простору-часу у ПП-світі.

7. Перспективи подальшого розвитку досліджень

Те, що спеціальна теорія відносності одночасно може вважатися і теорією просторовоподібного світу, відкриває можливості вивчення тих природних феноменів, які не могли бути предметом дослідження при постановці в часоподібному світі. Це і згадувана вище фізична природа інерції, і пояснення фізичного змісту уповільнення часу та лоренцевого скорочення.

Очікується, що з часом буде відкрито ще і багато інших природних феноменів, які відбуваються саме в ПП-світі. Назвемо один із них. Це, так званий феномен «квантової заплутаності», згідно якого рознесені у просторі на будь-які віддалі дві події одночасно реагують на подразнення лише однієї із них. На нашу думку, таке можливе лише у ПП-континуумі.

Те ж саме стосується поведінки дискретно організованих систем, наприклад, рою бджіл, косяка риб, стада тварин та інших. В багатьох ситуаціях ці системи ведуть себе як один організм – всі особини системи одночасно реагують на зовнішні подразнення, різко змінюючи напрямок руху і при цьому не стикаються між собою, не травмують один другого. Така поведінка також можлива лише в умовах перебування системи в ПП-континуумі. Добавимо, що сказане стосується і нерідко загадкової поведінки людських колективів.

8. Висновки

Обґрунтовується, що недосяжний при постійних швидкостях руху просторовоподібний (ПП) континуум Всесвіту є фізичною реальністю при прискорених швидкостях руху. Його впливом пояснюються такі фізичні феномени, як інерція, уповільнення часу та лоренцеве скорочення.

Системи з постійною швидкістю руху не можуть перебувати в ПП-континуумі, оскільки для цього потрібно досягнення ними швидкості руху, що перевищує значення швидкості світла.

Прискорені системи перебувають у ПП-континуумі, який характеризується псевдоевклідовою геометрією простору-часу та миттєвими швидкостями, що не перевищують значення світлової швидкості.

Досліджені питання доповнюваності рухів у евклідовому і у псевдоевклідовому континуумі, умова взаємного перетворення часовоподібного (ЧП) стану та ПП-стану континууму. Приведено формульні вирази принципу доповнюваності рухів для евклідового і псевдоевклідового континуумів.

Обґрунтовується, що псевдоевклідова геометрія є загальною геометрією реального простору-часу, перш за все тому, що в історії руху будь-якого тіла так чи інакше було присутнє прискорення.

На прикладі евклідового простору демонструється, що перетворення координат Лоренца у геометричному відношенні відіграють роль повороту чотиривимірного світового інтервалу з неподілюваними компонентами простору і часу; останні є результатом проекції світового інтервалу на часову та просторову осі координат, де ці характеристики розділені і розглядаються як незалежні.

Обґрунтовується, що для лоренцевого скорочення мова йде не про реальне скорочення довжини об'єкта, що рухається, а про виміряну довжину непорушним спостерігачем. Щодо уповільнення часу, то відбувається реальне уповільнення часу і саме для об’єкту, що рухався. І відбувається воно лише у неінерційних системах відліку, тобто за наявності прискорення, тобто у ПП-світі.

Безпосередньо властивості ПП-світу визначають феномени уповільнення часу та лоренцевого скорочення. І в результаті з огляду на історичний процес саме для ПП-континууму були віднайдені перетворення Лоренца і введене поняття псевдоевклідового простору-часу. Тому з повним правом спеціальна теорія відносності може бути названа теорією простору-часу у ПП-світі.

Список літератури:

1. *Грин Б. Р.* (2009). Ткань космоса: Пространство, время и структура реальности / Перевод Юрия Артамонова книги «The fabric of the cosmos: space, time and the texture of reality / Brian R. Greene». Random House, Inc., New York, 2004.

2. *Захаров В.Д.* (2003). Тяготение. От Аристотеля до Эйнштейна. Лаб. Знаний, 278 с.
3. *Каку М*. (2010). Физика невозможного. Перевод с англ. – 2-е изд. – М: Альпина нон-фикшн, – 456 с.
4. *Карпенко, І.* (2022а). НОВЕ У ЗАКОНІ ТЯЖІННЯ НЬЮТОНА І ПРИСКОРЕНЕ РОЗШИРЕННЯ ВСЕСВІТУ. International Science Journal of Engineering & Agriculture, 1(3), 161–182.
5. *Карпенко, І.* (2022б). ДО ПРИРОДИ СИЛИ ПРИСКОРЕНОГО РОЗШИРЕННЯ ВСЕСВІТУ І ФІЗИЧНОГО МЕХАНІЗМУ УТВОРЕННЯ «КОСМІЧНОЇ ПАВУТИНИ». International Science Journal of Engineering & Agriculture, 1(3), 229–246.
6. *Карпенко, І.* (2022в). Інерція як наслідок доповнюваності руху тіла в просторі та часі. International Science Journal of Engineering & Agriculture. Vol. 1, No. 4, 2022, pp. 1-13. doi: 10.46299/j.isjea.20220104.01.
7. *Кузьмичев, В. Е.* (1989). Законы и формулы физики /Отв. ред. ВК Тартаковский. Киев: Наукова думка, 864 с.
8. *Логунов А. А*. (1987) «Лекции по теории относительности и гравитации. Современный анализ проблемы», М.:" Наука".
9. *Логунов А. А*. (2006). Релятивистская теория гравитации. — М.: Наука, — 253 с.
10. *Общая* теория относительности (1983). Пер. с англ. /Под ред. С. Хокинга, В. Израэля. – М.: Мир, – 455 с.
11. Пенроуз Р. (1983). Сингулярность и асимметрия по времени / Пенроуз Р. // Пер. с англ. Под ред. С.Хокинга, В. Израэля.– Москва: Мир, С. 11- 86. В сб. «Общая теория относительности». – 462 с.
12. *Пуанкаре А*. (1990) О науке. М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы. — 736 с.
13. *Сасскинд Л*. (2013). Битва при черной дыре. Мое сражение со Стивеном Хокингом за мир, безопасный для квантовой механики. – СПб; Питер,. – 448 с.
14. *Сацункевич И. С*. (2003). Экспериментальные корни специальной теории относительности. – 2-е изд. – М.: УРСС,. – 176 с.
15. *Хриплович И. Б.* (2001). Общая теория относительности. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 120 стр.
16. *Serdechnyj, (2020).* (https://habr.com/ru/post/510276/https://habr.com/ru/post/510276/). Википедия /_Фантазии о физической причине лоренцева сокращения, объясняющей инвариантность скорости света и пр. / Физика. Научная фантастика.

Space-like continuum as a physical reality of the universe

Ivan Karpenko
Ukrainian Oil and Gas Academy (UNGA), Kyiv, Ukraine
ORCID 0000-0002-2500-8960

Abstract. It is substantiated that the unattainable space-like (SL) continuum of the universe at constant speeds of movement is a physical reality at accelerated speeds of movement. It is shown that such physical phenomena as inertia, time slowing, and Lorentz contraction in the special theory of relativity (SRT) occur in the SL-world in the process of accelerated body movement and, accordingly, in non-inertial frames of reference. The acceleration of inertia is not a property of the time-like part of the continuum, but of the space-like part of the continuum. This is a property of the empty space-time continuum, namely the SL-continuum, in the presence of external forces to prevent a change in the body's velocity. The slowing down of time and Lorentzian contraction are also a consequence of the accelerated movement of the body when it reaches a value of constant speed, that is, it occurs in the process of the formation of an inertial system. In this direction, the issues of complementarity of

motions in the Euclidean and pseudo-Euclidean continuum, the condition of mutual transformation of the time-like (TL) state and the SL-state of the continuum are investigated. Formula expressions of the principle of complementarity of motions for the Euclidean and pseudo-Euclidean continuum are presented. It is argued that the pseudo-Euclidean geometry is the general geometry of real space-time, first of all, because in the history of the movement of any body, acceleration was present in one way or another. Using the example of Euclidean space, it is demonstrated that the transformation of Lorentz coordinates in a geometrical relation plays the role of rotation of a four-dimensional world interval with indivisible components of space and time and is a projection onto a coordinate system where these characteristics are separated and considered as independent. It is substantiated that for the Lorentz contraction, we are not talking about a real reduction in the length of a moving object, but about the length measured by an unperturbed observer. As for the slowing down of time, there is a real slowing down of time for the object that was moving. And it happens only in non-inertial frames of reference, that is, in the presence of acceleration, that is, in the SL world. Therefore, it is the properties of the SL world that determine the phenomena of time slowing down and Lorentz contraction. It is the SL-continuum that is responsible for the STV phenomena, it is for the SL-continuum that Lorentz transformations were discovered and the concept of pseudo-Euclidean space-time was introduced. Therefore, the special theory of relativity can rightly be called the theory of space-time in the SL world.

Keywords. Inertia, space, time, complementarity of motion, acceleration, time-like continuum, space-like continuum, special theory of relativity.